

Д. О. Калишева

*Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского,
darja-kalisheva@rambler.ru*

СТАБИЛИЗАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ ЖЕСТКОГО ТЕЛА В МАГНИТНЫХ ОПОРАХ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ

Имеется модель, в которой небольшое ферромагнитное жесткое тело массы m должно удерживаться на расстоянии z_0 от магнита. На тело действует сила тяжести и магнитная сила.

Данная модель описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} m\ddot{z} &= -mg + \frac{L_0 Z_0}{2} \cdot \frac{(I_0 - I)^2}{(z_0 - z)^2}; \\ L(z)\dot{I} + RI &= U. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $L(z) = \frac{L_0}{1 - \frac{z}{z_0}}$ – индуктивность электромагнита, I – ток управления.

Данная система является неустойчивой [5], поэтому, чтобы удержать тело в состоянии равновесия, необходимо ввести систему управления. В данной работе неустойчивость будет парироваться за счет управления по напряжению.

Система (1) – автономная динамическая система третьего порядка, в которой (z, \dot{z}, I) – фазовые переменные. Предположим, что напряжение U представляет собой линейную комбинацию управляющих параметров α, β, γ и имеет вид: $U = \alpha z + \beta \dot{z} + \gamma I$.

Управление нужно осуществлять таким образом: с установки, состоящей из электромагнита и ферромагнитного жесткого тела, измерительной системой снимаются показатели текущей

координаты и тока, а также вычисляется скорость. В зависимости от этих показателей с учетом неравенств на управляющие параметры α, β и γ формируется управляющее напряжение, которое возвращает систему в состояние равновесия.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Баландин Д. В., Коган М. М. *Управление движением вертикального жесткого ротора, вращающегося в электромагнитных подшипниках* // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2011. – № 5. – С. 3–17.

2. Вышков Ю. Д., Иванов В. И. *Магнитные опоры в автоматике*. – М.: Энергия, 1978. – 160 с.

3. Журавлев Ю. Н. *Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение*. – СПб.: Политехника, 2003. – 206 с.

4. Знышев В. В. и др. (НИИМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского), Друмов В. В. и др. (ФГУП ОКБМ им. И.И. Африкантова, Нижний Новгород) *Моделирование динамики вертикального неоднородного гибкого ротора на электромагнитном подвесе* // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия Механика. – Нижний Новгород: Изд. ННГУ, 2006. – Вып. 1(7). – С. 14–19.

5. Earnshaw S. *On the nature of the molecular forces* // Transactions Cambridge Phil. Society. – 1842. – V. 7. – P. 97–112.